

# **УТИЛИЗАЦИЯ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ В БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ**

**В. Г. Рагина**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Д. С. Трошев

В настоящее время в Республике Беларусь значительное внимание уделяется вопросам энергосбережения, так как топливо в основном у нас импортируется из-за границы. При этом производство спирта является очень энергоемким процессом. На спиртзаводах в качестве топлива используют обычный природный газ. В ходе перера-

ботки сырья для получения спирта получается большое количество послеспиртовой барды, которая вывозится для утилизации с предприятия. Эту барду можно пустить на выработку биогаза. Таким образом, мы откажемся от покупки импортного топлива, а также сэкономим значительные средства на вывоз и захоронение этих отходов.

За 2015 г. на спиртзаводе образовалось 96644,4 т барды после получения спирта. Для снижения использования импортируемого природного газа предлагается использовать эту барду для получения биогаза с последующим его использованием для получения тепловой энергии на котельной.

Исходные данные:

Жидкая пшеничная барда обеспечивает выход биогаза на уровне  $36,1 \text{ м}^3/\text{т}$  с содержанием метана 58,9 %.

Барда образуется 305 суток в году 24 ч в сутки.

Годовой выход биогаза составляет 3488,9 тыс.  $\text{м}^3$ .

При содержании метана 58,9 % теплота сгорания биогаза составляет  $21,104 \text{ МДж}/\text{м}^3$ .

Годовой выход условного топлива составляет 2510,4 т у. т.

Коэффициент эффективности 0,9.

Действительный выход условного топлива составляет 2259,4 т у. т.

Суточный расход барды составляет  $316,87 \text{ м}^3$ .

Для примера подберем 4 установки БЭЗ-1000, суточной загрузкой 100–150  $\text{м}^3$  и емкостью биореактора 1000  $\text{м}^3$ .

Произвели расчет и результаты занесли в таблицу.

#### Результаты расчета установки

Наименование параметра	Значение	
Количество теплоты, требуемой для нагрева ежесуточно загружаемой биомассы до необходимой температуры брожения $Q_{\text{т}}$ , Дж	0	
Тепловые потери биогазовой установки $Q_{\text{у}}$ , Мкал/ч	120,57	
Годовой расход теплоты на обогрев метатенка, Гкал	882,57	
Годовой расход условного топлива на обогрев метатенка $B_{\text{н}}$ , т у. т.	150,04	
Необходимая электроэнергия для перемешивания биомассы $W_{\text{п}}$ , кВт	420	
Годовой расход электроэнергии $W_{\text{п}}^{\text{год}}$ , тыс. кВт · ч	538,02	
При сжигании:	природного газа	биогаза
Теоретический объем воздуха, необходимого для сгорания топлива при сжигании газа $V^{\circ}$ , $\text{м}^3/\text{м}^3$	9,5778	5,6073
Действительный объем дымовых газов $V_{\text{г}}$ , $\text{м}^3/\text{м}^3$	11,2037	6,9785
Энтальпия дымовых газов $H$ , кДж/ $\text{м}^3$	2241	1486
Изменение потерь с уходящими газами $\Delta q_2$ , %	3,717	
Годовая экономия условного топлива, т у. т.	1915,54	
Срок окупаемости, год	1,99	

Также рассмотрим возможность комплексной переработки послеспиртовой барды. Комплексная переработка послеспиртовой барды в БГУ требует особого подхода и выбора характеристик составляющих установки и режима ее работы. Предлагается следующий технологический процесс с разделением реакторов на гидролизный и на реактор анаэробного сбраживания, т. е. двухступенчатый процесс сбраживания, так как послеспиртовая барда быстро расщепляется и склонна к окислению. Разделение позволяет контролировать кислотность барды в реакторе сбраживания и активной жизнедеятельности анаэробных бактерий и в итоге увеличивается выход биогаза, а также повышается содержание белков в готовом кормовом продукте.

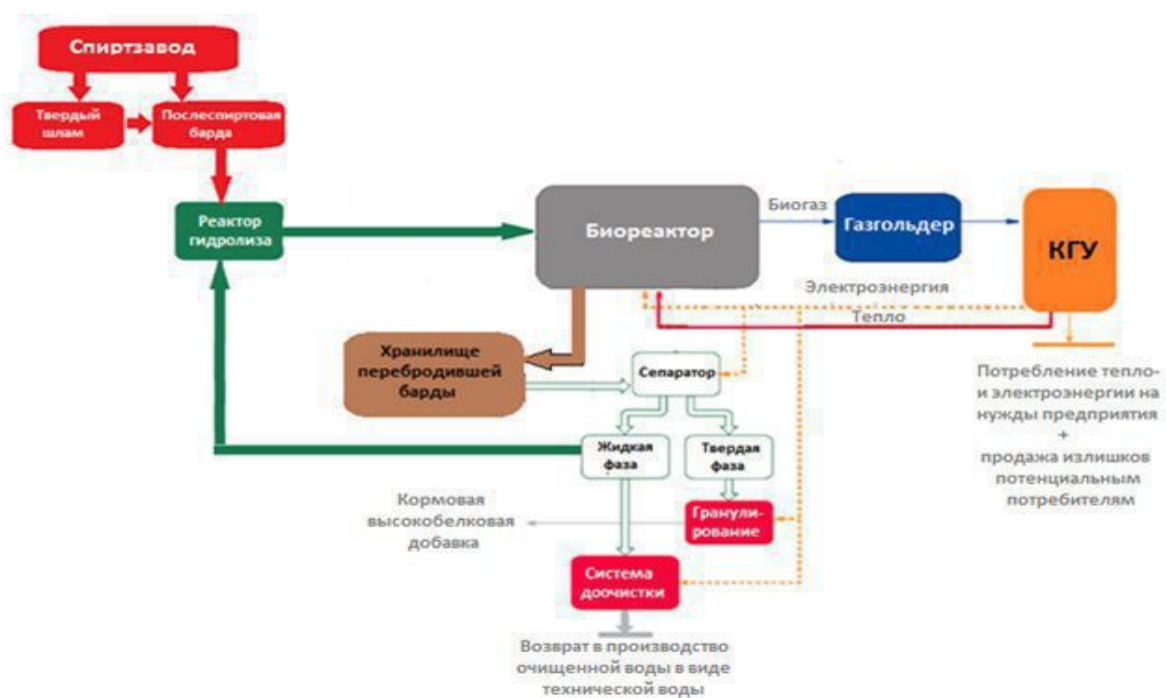


Рис. 1. Технология комплексной переработки послеспиртовой барды

На этапе дистилляции образуется послеспиртовая барда, ее собирают в специальной приемной емкости, куда предлагается добавлять с помощью фронтального погрузчика остатки первичной очистки зерна, что позволит увеличить выход биогаза в связи с большим количеством содержания твердых веществ в субстрате. Следующим этапом является перекачка насосом этой массы в реактор гидролиза, где расположен автоматический уровень, предполагающий определенный объем загрузки субстрата, после достижения которого насос автоматически отключается.

Разделения процесса окисления в реакторе гидролиза и анаэробного сбраживания в ферментаторе позволяет достичь наибольшего выхода биогаза.

В связи с тем что при объединении процессов гидролизной и кислотообразующих фаз с анаэробным сбраживанием, из-за высокой скорости размножения в питательной среде гидролизных бактерий, когда метанообразующие бактерии образуются гораздо медленнее, возможен срыв процесса. Это будет обусловлено тем, что гидролизные бактерии, получая большое количество питательных веществ, вырабатывают такой объем жирных кислот, который анаэробные бактерии не успевают переработать из-за более медленной скорости, что приводит к переокислению в ферментаторе, падению pH и в итоге к срыву всего процесса.

По этой причине реактор гидролиза находится обособленно от реактора-метанообразователя. В реактор гидролиза субстрат поступает один-два раза в сутки при  $\text{pH} = 4,5\text{--}6,5$ , в нем происходит образование органических жирных кислот в период около одного дня. Сами окисляющие бактерии достаточно выносливые, богатые энергией и, соответственно, активно размножаются, что делает процесс очень быстрым. Дополнительный обогрев данного этапа не нужен, так как температуры поступившей послеспиртовой барды вполне достаточно для соблюдения термофильного режима для кислотообразования.

Далее, окисленная масса насосной станцией направляется в реактор сбраживания для метаногенеза, который происходит под воздействием метанообразующих бактерий и разлагает полученную на этапе гидролиза уксусную кислоту на метан, углекислый газ и воду. В реакторе сбраживания находятся механические погружные мешалки, которые два раза в сутки приводятся в действие, чтобы разрушить плавающую корку на поверхности сбраживаемого субстрата и достигнуть равномерного распределения температуры и кислотности, что положительно сказывается на выходе биогаза.

Биогаз, поступающий через специальный патрубок, собирается в сухом газгольдере низкого давления, который расположен над реактором сбраживания. В случае переполнения газгольдера имеется предохранительный клапан, позволяющий предотвратить разрыв купола и утечку биогаза, который может взорваться или загореться при контакте с воздухом. С учетом этого фактора необходимо применять автоматические системы управления и защиты технологического процесса (СУЗ), что позволит не только установить оптимальный режим работы всех БГУ поэтапно, но и обеспечит остановку процесса в случае утечки биогаза.

Следующим этапом является направление биогаза в когенерационную установку (КГУ), где происходит выработка электроэнергии генератором, газопоршневые двигатели которого приводятся в движение полученным биогазом. Электроэнергия, полученная на этом этапе, направляется на работу самой БГУ, остатки могут быть направлены для нужд предприятия в целом и на другие его технологические процессы, что позволит экономить на общем потреблении электроэнергии. Тепловая энергия образуется за счет охлаждения когенераторов жидкостью, чаще всего водой, она по итогу может применяться для дополнительного реактора сбраживания в зимний период или как источник тепла непосредственно при производстве спирта. Излишки возможно использовать также на собственные нужды предприятия, либо продавать данную энергию как более дешевый вид топлива, чем природный газ, например.

Из реактора сбраживания через специальный люк выгрузки перебродившая послеспиртовая барда выгружается в хранилище, откуда уже направляется в сепаратор для разделения фаз.

Расчеты показали эффективность строительства биогазовой установки. В настоящее время срок окупаемости составил 1,99 лет. Была рассмотрена всего лишь одна из нескольких схем, можно было рассмотреть схему не только с получением биогаза, но и получением удобрений. Тогда эффект будет больше, но первоначальные затраты на сооружение установки значительно возрастут.